

# 基于产能约束条件下的企业订单优化

马跃如<sup>1</sup>,王子彦<sup>1</sup>,万光羽<sup>2</sup>

(1.中南大学 商学院,长沙 410083;2.湖南大学 经济与贸易学院,长沙 410006)

**摘要:**近年来随着市场竞争的加剧,产品服务时间与产品定价已成为企业获得市场优势的重要要素,关于交货前置期与产品单价的联合决策问题,也是企业管理决策的重点和学术界学者研究的热点。文章通过建立一个由一个供应商和多个零售商组成的两级供应链,探讨存在不同交货前置期、不同产品价格下,供应商的生产决策优化问题。结果显示:当订单的交货前置期适当较长时,能有效减少订单延误的数量,降低企业因延期交货产生的惩罚成本,提高生产效率,企业经营的不确定性会较低;反之,则会增加企业经营的不确定性。为了弥补企业缩短订单前置期可能带来的损失,企业可以选择在适当缩短订单交货前置期的同时提高产品的单价,这样可以有效弥补订单延误造成的处罚。

**关键词:**交货前置期;产品单价;产能约束;订单管理

**中图分类号:**F205 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-6487(2018)11-0176-05

## 0 引言

长期以来,价格始终是影响客户购买决策的重要因素<sup>[1]</sup>。在互联网时代,随着市场竞争的加剧,顾客对时间的敏感性越来越强,更多的顾客在要求低价的同时强调更短的交货期,时间成为影响客户购买决策的又一要素。企业如何在保障交货期的同时确认自身的利益是其生存发展的关键。企业界和理论界也更多地开始关注在顾客需求不确定情况下如何在交货期和产品价格间做出权衡,以更快的速度响应顾客需求,从而获得更大的收益。

在对于企业生产决策的早期研究中,大量学者将研究重点集中在交货期和产品价格这两个因素对企业生产决策的影响上。部分学者认为制定合适的订单交货期可以帮助企业在激烈的竞争中获得特有的优势<sup>[1-5]</sup>。但是只探讨了通过设定合适的订单交货时间达到企业利润最大化的目标,缺乏对产品价格变动的影响研究。还有部分学者从产品价格的角度对企业生产决策进行优化<sup>[6-8]</sup>。事实上,交货期与价格均是影响消费者购买决策的重要要素,同时考虑这两者对企业生产决策的影响具有现实意义,学者们开始探讨产品单价和交货时间对企业生产决策的共同影响<sup>[9-11]</sup>。但此类研究仅考虑产品价格和交货时间其中一个因素变动带来的影响,同时也未提出有效改进企业订单管理的措施。

虽然产品价格和交货前置期受到了广泛的关注,但同时考虑价格和交货时间协调的研究较少。此外,随着交货

期的缩短,在带来市场需求增长的同时,也对企业的生产能力提出严峻的挑战:产能过低,会使得市场需求无法被满足,在激烈的竞争中容易被其他企业所替代,不利于企业市场占有率的提升;而在产能过剩时,生产的产品无法在市场中被完全消费,给企业带来财务困境与库存压力,不利于企业的资金流通与长期发展,因此研究产能约束下的订单的交货时间和产品单价具有现实意义。基于此,本文研究一个供应商和多个零售商组成的两级供应链,建立随机混合整数规划模型,研究在产能约束下,不同的交货前置期和产品单价对企业生产决策的影响。

## 1 模型描述与符号定义

### 1.1 符号定义

$T$ :生产周期,包括  $n$  个小周期,  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ , 其中:

$T_1 = [t_1, t_2], \dots, T_n = [t_{2n-1}, t_{2n}]$ ;

$Q_{\max}$ :供应商的最大产能;

$LT_i$ :订单的交货前置期;

$q(t_i)$ :交货前置期  $LT_i$  内,  $t_i$  时刻零售商对产品的需求率;

$p_{LT}$ :前置期  $LT_i$  下的产品单价;

$C(Q)$ :周期内的生产成本;

$C(P)$ :周期内订单延误的处罚成本;

$m$ :单位产品延迟交货的处罚成本;

$c$ :单位产品的生产成本;

**基金项目:**国家自然科学基金面上项目(71573281;71272067);湖南省自然科学基金资助项目(2016JJ4089);湖南省社会科学成果评审委员会重大课题(XSP17ZDA001)

**作者简介:**马跃如(1963—),男,湖南益阳人,教授,博士生导师,研究方向:公共管理、企业战略管理、人力资源管理。

王子彦(1993—),女,湖南湘潭人,硕士研究生,研究方向:企业战略管理、人力资源管理、供应链管理。

万光羽(1987—),男,安徽六安人,博士,研究方向:供应链协调、可持续问题。

$Q(LT, q)$ : 交货前置期结束后, 仍需生产的产品数量。

### 1.2 问题描述

本文研究一个供应商和多个零售商组成的两级供应链, 该供应商生产的一类产品有多个零售商订货。在生产周期内, 供应商先制定订单的交货前置期和产品单价, 对零售商的订单采取 FCFS (first come first service, 先来先服务) 的方式。零售商根据消费者的需求向供应商提交产品订单, 允许产品分期交付。

该规划期内, 供应商均以最大产能  $Q_{\max}$  安排生产, 在生产过程中采取 MTO (make to order, 按订单生产) 方式生产, 允许机器存在空转, Beemsterboer 等<sup>[12]</sup>和方志梅等<sup>[13]</sup>都进行了类似研究。在整个规划期内, 供应商库存与零售商需求时间变化如图 1 所示。

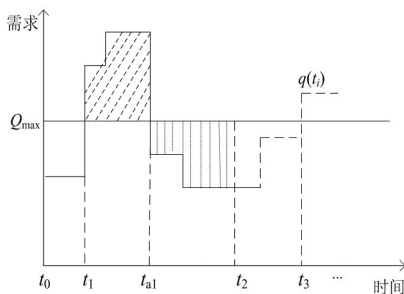


图 1 供应商库存与零售商需求时间变化图

生产周期  $T$  内, 零售商对产品的需求  $q(t_i)$  是随机变动的, 均在期初  $t_0$  时向供应商下达订单。  $t_1$  时刻前,  $q(t_i) \leq Q_{\max}$ ;  $[t_1, t_{a1}]$  时段,  $q(t_i) > Q_{\max}$ ;  $[t_{a1}, t_3]$  时期,  $q(t_i) \leq Q_{\max}$ ;  $t_3$  时刻,  $q(t_i) > Q_{\max}$ 。其中,  $Q_{\max}$  为供应商的最大产能。在  $t_1$  时刻前, 零售商的需求  $q(t_i)$  小于供应商的产能, 机器存在空转;  $[t_1, t_{a1}]$  时段, 供应商以最大产能生产, 但无法满足零售商的需求;  $[t_{a1}, t_2]$  时期, 供应商以最大产能  $Q_{\max}$  生产, 弥补在  $[t_1, t_{a1}]$  时段缺失的产能。  $[t_2, t_3]$  时期, 零售商的需求  $q(t_i)$  小于供应商的产能。整个生产周期  $T$  内, 允许存在缺货, 订单能全部得到满足, 通过上述设置, 探讨存在不同交货前置期、不同产品价格下, 供应商的生产决策优化问题。

## 2 模型建立

### 2.1 目标函数

供应商按 MTO 方式安排生产, 在极短的订单交货前置期下, 供应商的存储成本和机器空转成本对总体的利润影响较小, 可忽略不计。因此, 本文构建产能约束下的随机混合整数规划模型, 以供应商利润最大化为目标函数, 仅考虑供应商的销售收入、订单延误的处罚成本和生产成本的影响。

(1) 销售收入。由于在整个生产周期  $T$  内允许存在缺货的情况, 供应商能够生产出零售商下达订单的所有产品。供应商的销售收入为:

$$\sum_{t=t_0}^{t_{2n}} (p_{LT} * q(t_i)) \quad (1)$$

(2) 订单延误的处罚。在  $[t_1, t_2]$  周期内, 若零售商总需求  $\sum_{t=t_1}^{t_2} q(t_i) \leq \sum_{t=t_1}^{t_2} Q_{\max}$ , 则供应商产能可以满足零售商的需求, 不存在订单延误, 处罚成本为 0; 当零售商总需求  $\sum_{t=t_1}^{t_2} q(t_i) > \sum_{t=t_1}^{t_2} Q_{\max}$  时, 在订单交货前置期  $LT$  结束后, 供应商仍无法满足零售商的需求, 此时存在订单的延误处罚。

设在  $LT$  结束后的  $t_i$  时刻, 仍需生产的产品数量:  $Q_1(LT, q) = q(t_i) - (LT + t_i - t_1)Q_{\max}$ 。因此, 在  $[t_1, t_2]$  周期内仍需生产的产品数量:

$$Q_1(LT, q) = \begin{cases} [\sum_{t=t_1}^t q(t_i) - (LT + t - t_1)Q_{\max}]^+ & t_1 \leq t < t_2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

其中  $[X]^+ = \max[X, 0]$ 。

该  $[t_1, t_2]$  周期的处罚成本:

$$C_1(P) = m * \sum_{t=t_1}^{t_2} Q(LT, q) \quad (3)$$

因此, 整个生产周期  $T$  仍需生产的产品数量为:

$$Q(LT, q) = \begin{cases} [\sum_{t=t_1}^t q(t_i) - (LT + t - t_1)Q_{\max}]^+ & t_1 \leq t < t_{2n} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

整个生产周期的处罚成本:

$$C(P) = m * \sum_{t=t_0}^{t_{2n}} Q(LT, q) \quad (5)$$

(3) 生产成本。零售商总需求数量为  $\sum q(t_i)$ , 供应商能全部生产出订单的全部产品。因此, 供应商的生产成本是:

$$C(Q) = c * \sum_{t=t_0}^{t_{2n}} q(t_i) \quad (6)$$

综上所述, 在整个生产周期  $T$  内, 供应商的目标函数为:

$$\max_{LT, p_{LT}} \Pi = \sum_{t=t_0}^{t_{2n}} (p_{LT} * q(t_i)) - C(P) - C(Q) \quad (7)$$

即:

$$\max_{LT, p_{LT}} \Pi = \sum_{t=t_0}^{t_{2n}} (q(t_i) * (p_{LT} - c)) - \sum_{t=t_0}^{t_{2n}} m * Q(LT, q) \quad (8)$$

$$s.t. \quad Q(LT, q) = \begin{cases} [\sum_{t=t_1}^t q(t_i) - (LT + t - t_1)Q_{\max}]^+ & t_1 \leq t < t_{2n} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$p_{LT} - m > 0 \quad (9)$$

$$\max_{LT, p_{LT}} \Pi > 0 \quad (10)$$

该目标函数是非线性的, 供应商通过设定不同订单的产品单价  $p_{LT}$  和交货前置期  $LT$  来实现利润最大化。在整个生产周期内, 零售商的需求是随机变动的, 随机需求

均反应在期初向供应商下达的订单大小。而本文所建立的模型是随机混合整数规划模型,目标函数中包含多个随机变量,涉及多个小周期,求解过程较为复杂,且目前对混合整数规划问题没有较为成熟的求解方法。根据本文需解决的产能约束下的订单管理,对该模型进行模拟仿真求解。这种求解方法更适用整数变量较少的情况,同时更符合现实中的订单管理,具有现实意义。

2.2 性质

在整个周期  $T$  内,设  $\overline{q(t)}$  为周期  $T$  内的零售商平均需求,有:  $\overline{q(t)} = \frac{1}{t_{2n+2}} \sum_{t=1}^{t_{2n}} q(t)$ 。若供应商无法满足订单需求,可通过延长交货时间来满足零售商的订单需求。因此,有:  $\overline{q(t)} = \frac{1}{t_{2n+2}} \sum_{t=1}^{t_{2n}} q(t) \leq Q_{\max}$ 。

结合式(2),在  $[t_1, t_2]$  时段仍需生产的产品数量  $Q(LT, q) = [\sum_{t=t_1}^{t_2} q(t) - (LT + t - t_1)Q_{\max}]^+$ 。

定理1:当  $q(t_i) \leq (LT + t_i - t_1)Q_{\max}$  时,供应商订单延误的处罚  $C(P) = 0$ 。

证明:已知在  $t_i$  时刻,仍需生产产品的数量  $Q(LT, q) = [\sum_{t=t_1}^{t_i} q(t) - (LT + t - t_1)Q_{\max}]^+$ 。当  $q(t_i) > (LT + t_i - t_1)Q_{\max}$  时,此时  $Q(LT, q) > 0$ ,存在订单的延误,延误的处罚  $C(P) > 0$ ;当  $q(t_i) \leq (LT + t_i - t_1)Q_{\max}$  时,有  $\sum_{t=t_1}^{t_i} q(t) - (LT + t - t_1)Q_{\max} \leq 0$ ,此时  $Q(LT, q) = 0$ ,即不存在订单延误,订单延误的处罚  $C(P) = 0$ ,得证。

定理2:当  $q(t_i) > (LT + t_i - t_1)Q_{\max}$  时,供应商延误订单的处罚  $C(P)$  是分段函数。

证明:当  $q(t_i) > (LT + t_i - t_1)Q_{\max}$ ,至少存在一个时刻  $t_i$  使得  $Q(LT, q) = 0$ 。假定其间存在  $i$  个小周期  $t_1, t_2, \dots, t_i$ ,仍需生产的产品数量为  $Q(LT, q(t_1)), \dots, Q(LT, q(t_i))$ ,因此,供应商订单延误的处罚  $C(P) = m(Q(LT, q(t_1)) + \dots + Q(LT, q(t_i)))$ 。

- 如果  $q(t_1) > q(t_1)$ ,有:  $Q(LT, q(t_1)) = 0$ ;
- 如果  $q(t_1) > q(t_2)$ ,有:  $Q(LT, q(t_1)) = Q(LT, q(t_2)) = 0$ ;
- ...
- 如果  $q(t_i) \geq q(t_i)$ ,有:  $Q(LT, q(t_1)) = Q(LT, q(t_2)) = \dots = Q(LT, q(t_i)) = 0$ 。

因此,供应商订单延误的处罚函数为:

$$C(P) = m \times \begin{cases} Q(LT, q(t_1)) + \dots + Q(LT, q(t_i)) & Q_{\max} < q(t_1) \\ Q(LT, q(t_2)) + \dots + Q(LT, q(t_i)) & q(t_1) \leq Q_{\max} < q(t_2) \\ \dots & \dots \\ Q(LT, q(t_i)) & q(t_{i-1}) \leq Q_{\max} < q(t_i) \\ 0 & q(t_i) \leq Q_{\max} \end{cases}$$

即  $q(t_i) > (LT + t_i - t_1)Q_{\max}$  时,供应商延误订单的处罚  $C(P)$  是分段函数,得证。

3 算例分析

在中国,每年的“双十一”将会产生巨额的需求,而“双十一”期间许多厂商无法及时交货,严重影响企业的信誉,而在“双十一”开始前的一段时间,通过设置合理的交货前置期和产品单价将有效解决该问题。本文运用一个仿真算例分析来模拟“双十一”期间供应商制定的订单交货前置期和产品单价,基于上述随机混合整数模型,分析供应商的不同订单前置期和产品单价下的决策。

本文考虑一个10天的生产周期,即  $T = 10$ ,期间包括多个小周期,供应商生产该产品的单位成本  $c = 2$ ;在初始订单交货前置期  $LT = 3$ 下,产品单价为  $p_{LT} = 6$ ;每单位产品延迟一天交货的处罚成本  $m = 5$ ;供应商产能  $Q_{\max} = 20$ ;零售商每天需求率  $q(t_{10}) = [14 \ 26 \ 27 \ 10 \ 7 \ 5 \ 13 \ 25 \ 14 \ 6]^T$ ,即在该生产周期内,零售商的总需求为  $\sum q = 147$ ,平均每天需求  $\overline{q(t)} = \frac{1}{10} \sum q = 14.7$ 。

(1)当产品单价保持不变。

在前置期  $LT = 3$ 时,供应商的利润如表1所示。

表1 交货前置期  $LT = 2$ , 供应商利润表 ( $p_{LT} = 6$ )

t	q(t)	∑q	q̄(t)	T <sub>i</sub>	t <sub>i</sub>	Q(LT, q(t <sub>i</sub> ))	仍需生产时间	处罚产品量	C(P)	∑Π
1	14	14	--	--	--	--	--	--	--	56
2	26	40	26	1	1	11	1	0	0	160
3	27	67	26.5	1	2	23	2	8	40	228
4	10	77	21	1	3	18	1	0	0	268
5	7	84	17.5	1	4	10	1	0	0	296
6	5	89	15	1	5	0	0	0	0	316
7	13	102	--	--	--	--	--	--	--	368
8	25	127	25	2	1	10	1	0	0	468
9	14	141	19	2	2	9	1	0	0	524
10	6	147	14.7	2	3	0	0	0	0	548

注:“--”表示零售商的需求小于供应商的供给,不存在处罚,该处数值可忽略。下表同。

这10天的生产周期中包含2个小生产周期。其中,第1天零售商的订单  $q(t_1) < Q_{\max}$ ,机器存在空转;第2—6天,为第一个小生产周期,其中第3天零售商的需求无法满足,需要通过延长交货时间,存在订单延误的处罚;第7天零售商的订单  $q(t_1) < Q_{\max}$ ,机器空转;第8—10天,为第二个小生产周期,不存在订单延误的情况。在该生产周期内,供应商设置的交货前置期  $LT = 2$ ,产品的单价  $p_{LT} = 6$ ,此时,供应商的利润为  $\Pi = 548$ 。

同理,在不同订单交货前置期下,供应商利润如表2所示。

表2 不同交货前置期下供应商利润表 ( $p_{LT} = 6$ )

前置期	1	2	3	4	5	6
利润	238	548	588	588	588	588

不同的订单交货前置期直接影响供应商订单延误的数量和缺货处罚成本,在越长的交货前置期订单延误的数量越少,生产的不确定性也越小。而本算例供应商在实现

最大利润下可设置的最小订单交货前置期  $LT=3$ , 此时最大的利润  $\Pi=588$ 。

(2) 当订单交货前置期保持不变。

在产品单价  $p_{LT}=4$  时, 供应商利润如表 3 所示。

表 3 产品单价  $p_{LT}=4$ , 供应商利润表 ( $LT=3$ )

$t$	$q(t)$	$\sum q$	$\bar{q}(t)$	$T_i$	$t_i$	$Q(LT, q(t_i))$	仍需生产时间	处罚产品量	$C(P)$	$\sum \Pi$
1	14	14	--	--	--	--	--	--	--	28
2	26	40	26	1	1	11	1	0	0	80
3	27	67	26.5	1	2	23	2	0	0	134
4	10	77	21	1	3	18	1	0	0	154
5	7	84	17.5	1	4	10	1	0	0	168
6	5	89	15	1	5	0	0	0	0	178
7	13	102	--	--	--	--	--	--	--	204
8	25	127	25	2	1	10	1	0	0	254
9	14	141	19	2	2	9	1	0	0	282
10	6	147	14.7	2	3	0	0	0	0	294

在订单交货前置期为  $LT=3$  时, 不存在订单延误的处罚, 此时产品的单价  $p_{LT}=4$ , 供应商的利润  $\Pi=294$ 。

同理, 在订单交货前置期  $LT=3$  时, 在不同单价下的供应商利润如表 4 所示。

表 4 不同产品单价, 供应商利润情况表 ( $LT=3$ )

单价	4	5	6	7	8
利润	294	441	588	735	882

在订单前置期  $LT=3$  不变的情况下, 不同的产品单价不会对订单延误的处罚产生影响。此时, 供应商仍需生产的产品数量和生产时间都已确定, 单价的变动只会影响供应商的销售收入。在一定的价格范围内, 供应商更倾向设置高的价格, 如产品的单价在  $[4, 8]$  范围内变动时, 供应商更倾向于设定高的单价  $p_{LT}=8$ , 此时有最大利润  $\Pi=882$ 。

(3) 当交货前置期与价格成线性关系变动时。

Rao 等<sup>[14]</sup>、Celik 和 Maglaras<sup>[15]</sup>的研究均表明交货前置期对消费者具有重要的意义, 不同偏好下消费者愿意支付的产品单价不同。本文设定该产品的单价与初始交货前置期成线性关系:  $p_{LT}=\alpha*6*3/LT$ , 即产品的单价与订单交货前置期成反比。其中  $\alpha$  为价格对订单交货前置期的敏感系数, 为外生变量。

当交货前置期  $LT=3$  时,  $p_{LT}=6\alpha$ 。供应商利润如表 5 所示。

表 5 前置期为  $LT=3$  下, 供应商利润表 ( $p_{LT}=6\alpha$ )

$t$	$q(t)$	$\sum q$	$\bar{q}(t)$	$T_i$	$t_i$	$Q(LT, q(t_i))$	仍需生产时间	处罚产品量	$C(P)$	$\sum \Pi$
1	14	14	--	--	--	--	--	--	--	$84\alpha-28$
2	26	40	26	1	1	11	1	0	0	$240\alpha-80$
3	27	67	26.5	1	2	23	2	0	0	$402\alpha-134$
4	10	77	21	1	3	18	1	0	0	$462\alpha-154$
5	7	84	17.5	1	4	10	1	0	0	$504\alpha-168$
6	5	89	15	1	5	0	0	0	0	$534\alpha-178$
7	13	102	--	--	--	--	--	--	--	$612\alpha-204$
8	25	127	25	2	1	10	1	0	0	$762\alpha-254$
9	14	141	19	2	2	9	1	0	0	$846\alpha-282$
10	6	147	14.7	2	3	0	0	0	0	$882\alpha-294$

可知供应商在给定的前置期  $LT=3$  时, 产品单价为  $p_{LT}=6\alpha$ , 此时供应商的利润  $\Pi=882\alpha-294$ 。

同理, 在不同订单前置期下的供应商利润如表 6 所示。

表 6 不同订单前置期和产品单价下的供应商利润表

前置期	1	2	3	4	5
单价	$18\beta$	$9\gamma$	$6\alpha$	$4.5\lambda$	$3.6\mu$
利润	$2646\beta-644$	$1323\gamma-334$	$882\alpha-294$	$661.5\lambda-294$	$529.28\mu-294$

注:  $\beta, \gamma, \alpha, \lambda, \mu$  均为产品单价对交货前置期敏感程度, 为外生变量。

越短的订单交货前置期, 反应出消费者对该产品有极大的偏好; 此时, 在较短的订单交货前置期下, 供应商面临较少的生产时间, 需求的不确定性和生产的不确定性对供应商的要求极高。面对巨大的订单需求, 此时供应商更倾向于设定高的产品单价, 即单价对交货前置期的敏感程度存在:  $\beta \geq \gamma \geq \alpha \geq \lambda \geq \mu$ 。

当交货前置期  $LT \geq 3$  时不存在订单延误的处罚。当交货前置期越长, 产品的单价越低, 供应商的收益越小, 此时供应商可设定最优的交货前置期  $LT=3$ , 最优的收益为  $882\alpha-294$ ; 当交货前置期  $LT < 3$  时, 前置期越短, 产品的单价越高, 此时伴随着订单延误数量的增加, 供应商面临较大的经营不确定性。而当交货前置期  $LT=2$  时, 订单延误的处罚  $C(P)=40$ , 此时缩短交货前置期带来的销售收入的增加更为明显。综上, 供应商在设定合适的订单交货前置期  $LT=2$  和产品单价  $9\gamma$ , 即在较短的交货前置期下, 设定较高产品的单价, 此时可拥有更高的利润, 自身的产能和库存都能较好地符合市场的需求。

#### 4 结论

企业在生产运营的过程中, 由于受到自身产能的约束以及市场需求不确定性的影响, 会通过追加生产来达到维持经营稳定性的目的。但追加生产往往会导致生产的产品数量高于市场需求从而使得企业的库存不断增加。如何解决企业实现自身利益最大化的同时降低库存正是本文的核心问题。本文通过建立随机混合整数规划模型分析了在产能约束的条件下, 企业如何解决企业订单管理的一类方法。结果发现, 当订单的交货前置期适当较长时, 企业经营的不确定性会较低。反之, 则会增加企业经营的不确定性。为了弥补企业缩短订单前置期可能带来的损失, 企业可以选择在适当缩短订单交货前置期的同时提高产品的单价, 这样可以有效弥补订单延误造成的处罚。

在供给侧战略改革的新形势下, “去库存”已不再是一句简单的口号, 而是企业生存发展的重要前提之一。这对企业的订单管理和库存管理提出了更高层次的要求, 良好的订单管理和库存管理是解决该问题的重要手段。根据本文的结论, 在面对实际经营问题时, 企业可以在考虑自身实际情况的基础上, 设定适合企业自身的交货前置期和产品单价组合, 平衡企业经营不确定性和企业利润最大化之间的矛盾。在实现自身最大化利润的同时降低企业库存, 提高产品的有效供给, 促进整个社会库存的下降。

参考文献:

- [1]罗兵,杨帅,熊中楷.短缺量拖后率、需求和采购价均为时变的变质物品EOQ模型[J].中国管理科学,2005,13(3).
- [2]苏菊宁,陈菊红,刘晨光.不确定响应时间下价格时变供应链的协调[J].系统工程理论与实践,2011,31(3).
- [3]Nguyen T H, Wright M. Capacity and Lead-time Management When Demand for Service Is Seasonal and Lead-time Sensitive [J]. European Journal of Operational Research, 2015, 247(2).
- [4]Tewari D, Singh A, Tewari P C. Ranking of Performance Indicators in JIT-Based Production System for Manufacturing Industries [J]. Journal of Operations Management, 2016, 15(1).
- [5]郭佳,傅科,陈功玉.可变产能的按订单装配系统库存和生产决策研究[J].中国管理科学,2012,20(3).
- [6]范丽繁,陈旭.基于收益管理的MTO企业订单定价和接受策略[J].系统工程,2011,29(2).
- [7]Plambeck E L, Ward A R. Optimal Control of a High-volume Assemble-to-order System With Maximum Leadtime Quotation and Expediting [J].Queueing Systems, 2008,(60).
- [8]Feng Y, Ou J, Pang Z. Optimal Control of Price and Production in an Assemble-to-order System [J]. Operations Research Letters, 2008, 36(4).
- [9]Pekgun P, Griffin P M, Keskinocak P. Coordination of Marketing and production for Price and Leadtime Decisions [J]. IIE Transactions, 2008 40(1).
- [10]刘聪粉,仲伟周,宋长青.寡头市场下价格时变产品的最优交货时间策略[J].系统工程理论与实践,2014,34(10).
- [11]Zhu S X. Integration of Capacity, Pricing, and Lead-time Decisions in a Decentralized Supply Chain [J]. International Journal of Production Economics, 2015, (164).
- [12]Beemsterboer B, Land M, Teunter R. Hybrid MTO-MTS Production Planning: An Explorative Study [J]. European Journal of Operational Research, 2016, 248(2).
- [13]方志梅,李院生,叶飞帆.基于两类典型生产模式的供应链性能分析[J].科研管理,2007,28(1).
- [14]Rao U S, Swaminathan J M, Zhang J. Demand and Production Management With Uniform Guaranteed Lead Time [J]. Production and Operations Management, 2005, 14(4).
- [15]Celik S, Maglaras C. Dynamic Pricing and Lead-time Quotation for a Multiclass Make-to-order Queue [J]. Management Science, 2008, 54(6).

(责任编辑/刘柳青)

## Enterprise Order Optimization Based on Capacity Constraints

Ma Yueru<sup>1</sup>, Wang Ziyang<sup>1</sup>, Wan Guangyu<sup>2</sup>

(1.Business School, Central South University, Changsha 410083, China; 2.School of Economics & Trade, Hunan University, Changsha 410006, China)

**Abstract:** In recent years as the market competition intensifies, products service time and pricing have become an important element of gaining market advantage. The joint decision between the lead time of delivery and the unit price of products is also the focus of enterprise management decision and the focus of academic research. Through establishing a two-stage supply chain which consists of one supplier and multiple retailers, this paper explores suppliers' production decision optimization issue under the condition of different delivery lead time and different product prices. The results show that the reasonably prolonged delivery lead time of the order helps effectively reduce the number of the delayed orders, and the penalty costs due to delayed delivery; increase in productivity lowers the business uncertainty, otherwise, the uncertainty of the business will be increased. In order to make up for the possible losses caused by enterprises shortening the lead time of orders, enterprises can choose to increase the unit price of products while reducing the lead time of order delivery, which can effectively make up for the penalty caused by the orders delay.

**Key words:** order delivery lead time; unit price; capacity constraints; order management